

Практическая работа №3

РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Общие сведения

Обеспечение нормального освещения по принятым нормам освещенности является организационно-техническим мероприятием, призванным обеспечить приемлемые эргономические условия труда и быта человека в процессе жизнедеятельности.

Норма освещенности, в первую очередь, зависит от размера объекта размещения, за которым человек наблюдает или с которым работает. Нормы освещенности также зависят от контраста, фона и типа освещения (табл. 1).

Различают следующие схемы искусственного освещения: общее равномерное местное и комбинированное освещение (сочетание общего (равномерного) и местного освещения).

Комбинированное освещение является более экономичным, т.к. обеспечивает высокий уровень освещенности на рабочих местах при меньших затратах электроэнергии.

В качестве источников освещения наибольшее распространение получили лампы накаливания и газоразрядные лампы. Несмотря на относительную дешевизну ламп накаливания, более экономичными являются газоразрядные лампы, поскольку обладают большей светоотдачей и меньшим потреблением электроэнергии.

Таблица 1.

Нормы освещенности в помещениях

Характеристика зрительной работы	Размер объекта различения	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность			
				Люминисцентные лампы		Лампы накаливания	
				5	6	7	8
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	Малый	Темный	2000	500	1500	300
		Средний	Темный	1000	300	750	200
		Средний	Светлый	750	300	600	200
		Большой	Светлый	400	200	400	150
Средней точности	Свыше 0,5 до 1	Малый	Темный	750	300	600	200
		Средний	Темный	500	200	500	150
		Средний	Светлый	400	150	400	100
		Большой	Светлый	300	150	300	100
Малой точности	Свыше 1 до 5	Малый	Темный	300	200	300	150
		Средний	Темный	200	150	200	100
		Средний	Светлый	-	100	-	50
		Большой	Светлый	-	100	-	50
Грубая (очень малой точности)	Более 5	Независимо от характеристики фона и контрасте объекта с фоном		-	100	-	50

1. Расчет общего освещения

Наиболее широко применяется расчет методом коэффициента использования светового потока, т.к. он учитывает отраженный от стен и потолка световой поток. Данный метод предусматривает равномерное расположение светильников в помещениях

со светлым потолком и стенами и дает возможность определить освещенность на горизонтальной поверхности.

Исходными данными для расчета являются:

- Источник света (лампы накаливания, люминисцентные и лампы ДРЛ);
- Размеры помещения – длина А и ширина Б в метрах;
- Показатели отражения стен ρ_c и потолка ρ_n , %
- Характер выполняемой работы или минимальный уровень освещенности для данного технологического процесса E_n , лк.

Порядок расчета осветительной установки следующий:

1. По таблице 1. определяется норма освещенности. Например, характер деятельности человека представляемый собой чтение или редактирование. В данном случае объектом различия является толщина линии буквы (0,6 мм) при большом контрасте и светлом фоне. При общем люминисцентном освещении норма освещенности составит $E_n=150$ лк.
2. Определяется коэффициент запаса K_z , табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент запаса K_z

№	Характеристики	Коэффициент запаса		Срок чистки светильников не реже 1 раза в месяц
		Люминисцентные лампы	Лампы накаливания	
1	Помещения с большим выделением пыли, влаги, дыма, копоти	2	1,7	4
2	Помещения со средним выделением пыли, влаги, дыма, копоти	1,8	1,5	3
3	Помещения с малым выделением пыли, влаги, дыма, копоти	1,5	1,3	2

3. Принимается отношение средней освещенности к максимальной z . Для всех газоразрядных ламп $z=1,1$, для ламп накаливания $z=1,15$.
4. Принимается высота подвески светильников h , м, по табл. 3.

Таблица 3.

Наименьшая высота подвески светильников *)

Тип светильника	У	ГС	ШМ	ПУ	НЧБ-300	В4А-200	
	(1-3)	(1-3)	(1-3)	(1-3,4)	(2-4)	(2-4)	
Высота подвеса над рабочим местом h , м	3-4	3-4	2,5-3	3	3,5	3	
Тип светильника	ОД	ОДОР	ПВЛ – 1	ДРЛ-250	ДРЛ-400	ДРЛ-700	ДРЛ-1000
	(1-4)	(1-4)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)
Высота подвеса над рабочим местом h , м	4	3,5	3,5-4	3,5	4	5	6

*) в скобках цифрами обозначены: 1- точечный, 2 – рассредоточенный, 3 – с лампой накаливания, 4 – с люминисцентной лампой, 5 – с лампой ДРЛ.

5. Определяется светотехническое расположение светильников, при котором достигается наибольшая равномерность освещения, (по табл. 4).

Таблица 4.

Коэффициент наивыгоднейшего расположения светильников λ_c

Тип светильника	У	ГС	ШМ	ПУ	НЧБ-300	В4А-200	ОД	ОДОР	ПВЛ-1	НОГЛ	СЗ-4, ДРЛ
λ_c	1,5	0,9	2,0	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,0

6. Рассчитывается площадь помещения, в котором устанавливается осветительная установка:

$$S = A \cdot B, \text{ м}^2 \quad (1)$$

7. Рассчитывается индекс помещения:

$$i = \frac{S}{(A+B) \cdot h}, \quad (2)$$

где: S – площадь помещения, м^2 ;

A, B – соответственно длина и ширина помещения, м;

H – высота подвески светильника над рабочим местом, м.

8. Определяется коэффициент использования светового потока η , %, который зависит от высоты подвеса светильников h, коэффициента отражения стен ρ_c и потолка ρ_n и от типа используемого светильника. В табл. 5 приведены значения η .

9. Рассчитывается расстояние между соседними рядами ламп L, м (светильников):

- для ламп накаливания: $L_n = \frac{1}{2} \lambda_c \cdot h$, м; (3)

- для газоразрядных ламп: $L_r = \lambda_c \cdot h$, м. (4)

где: λ_c – коэффициент наивыгоднейшего расположения светильников, м;

h – высота подвески светильников, м.

таблица 5

Коэффициент использования светового потока для различных типов светильников

Тип	У			ГС			ШМ			ПУ с отражателями		
	ρ_n	ρ_c	i	ρ_n	ρ_c	i	ρ_n	ρ_c	i	ρ_n	ρ_c	i
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	Коэффициент использования η, % (в формулу подставляется в долях единицы)											
0,5	22	20	17	38	34	31	15	13	8	21	18	15
0,6	32	26	23	47	42	38	19	16	12	27	22	19
0,8	44	38	34	56	51	48	26	22	18	33	28	24
1,0	49	43	39	63	58	55	30	26	22	39	32	28
1,5	55	50	46	72	67	64	36	31	26	48	39	36
2,0	60	55	51	76	73	69	40	35	30	53	44	41
2,5	64	59	55	79	76	73	43	38	33	56	46	44
3,0	66	62	58	81	78	75	45	40	36	59	49	46
3,5	68	64	61	83	79	77	48	41	38	64	51	48
4,0	70	66	62	84	80	78	49	43	40	62	52	50
5,0	73	69	64	85	82	79	52	46	43	65	54	52

Тип	СХ			НЧБ - 300			В4А – 200 с отражателем			ОД		
ρ_n	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
ρ_c	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
i	Коэффициент использования η , % (в формулу подставляется в долях единицы)											
0,5	32	25	21	29	25	22	18	15	12	30	25	20
0,6	36	28	25	32	28	25	21	17	14	34	29	25
0,8	44	37	35	38	33	31	25	21	19	42	36	33
1,0	50	43	39	42	38	35	28	24	22	47	42	38
1,5	60	54	50	49	45	43	35	31	28	57	52	47
2,0	66	61	57	52	49	47	38	35	32	62	57	54
2,5	70	65	62	55	52	50	40	37	35	65	60	57
3,0	72	67	64	56	53	51	42	39	37	67	63	60
3,5	74	70	67	57	55	53	43	41	39	69	65	62
4,0	76	72	68	58	56	54	44	42	40	70	66	64
5,0	77	74	71	59	57	56	46	43	41	72	69	66
Тип	ОДОР			ПВЛ - 1			НОГЛ			СЗ-4-ДРЛ		
ρ_n	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
ρ_c	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
i	Коэффициент использования η , % (в формулу подставляется в долях единицы)											
0,5	26	20	17	17	13	10	24	19	16	35	31	28
0,6	30	24	20	22	17	13	28	23	20	42	37	34
0,8	37	31	26	28	22	18	38	34	31	51	46	43
1,0	42	35	30	32	26	22	40	36	33	56	51	48
1,5	51	43	38	39	33	29	46	42	38	64	60	57
2,0	56	48	43	44	38	33	49	46	43	68	65	62
2,5	59	51	46	47	41	37	51	48	46	70	67	65
3,0	61	53	48	49	43	39	53	50	48	72	69	67
3,5	63	55	50	51	45	41	55	52	50	73	70	68
4,0	64	58	51	52	47	43	56	53	51	74	72	69
5,0	66	58	53	54	49	45	57	53	52	76	73	70

10. Рассчитывается количество ламп (светильников) по длине помещения в одном ряду осветительной установки.

Для ламп накаливания, ДРЛ:

$$n_{лр} = \frac{A - \frac{2L}{3}}{L} + 1, \text{ шт} \quad (5)$$

Для люминисцентных ламп:

$$n_{лр} = \frac{A - \frac{2L}{3}}{1,75}, \text{ шт} \quad (6)$$

где: А – длина помещения, м;

L – расстояние между соседними рядами ламп (светильников).

Дробное значение $n_{лр}$ округляется до целого значения числа в большую сторону.

Например, при полученном расчетном значении $n_{лр}=5,5$ принимается $n_{лр}=6$.

11. Рассчитывается количество рядов ламп (светильников) по ширине помещения:

$$n_p = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L + 1}, \text{ шт} \quad (7)$$

где: В – ширина помещения, м;

L – расстояние между соседними рядами ламп (светильников), м.

Дробное значение n_p округляется до целого числа в большую сторону. Например, при полученном расчетном значении $n_p=6,5$ принимается $n_p=7$.

12. Рассчитывается общее количество ламп (светильников) осветительной установки помещения:

$$n = n_{лр} \cdot n_p, \text{ шт} \quad (8)$$

где: $n_{лр}$ – количество ламп (светильников) в одном ряду, шт;

n_p – количество рядов осветительной установки.

13. Рассчитывается световой поток ламп, обеспечивающий нормируемую освещенность $F_{расч}$, лм.

$$F_{расч} = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{\eta \cdot n}, \text{ лм} \quad (9)$$

где: E_n – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса;

z – отношение средней освещенности к максимальной;

η – коэффициент использования светового потока;

n – количество ламп (светильников), шт.

Все исходные параметры последней зависимости получены выше.

14. По табл. 6,7,8, подбирается ближайшее большее значение светового потока лампы $F_{факт}$, лм.

При подборе ламп по табл. 6-8 фактический световой поток лампы $F_{факт}$ не должен превышать расчетный $F_{расч}$ более чем на 20%. При этом допускается увеличение количества ламп осветительной установки.

15. Рассчитывается фактическая освещенность $E_{ф}$, лк, при использовании выбранных ламп:

$$E_{ф} = E_n \frac{F_{факт}}{F_{расч}}, \text{ лк} \quad (10)$$

где: E_n – нормируемая освещенность, лк;

$F_{факт}$ – световой поток выбранной лампы, лм;

$F_{расч}$ – расчетный световой поток, лм.

Таблица 6

Люминисцентные лампы

Тип и мощность лампы	Длина лампы, мм	Световой поток лампы, лм	Тип и мощность лампы	Длина лампы, мм	Световой поток лампы, лм
ЛДЦ 20	604	820	ЛДЦ 40	1214	2100
ЛД 20	604	920	ЛД 40	1214	2340
ЛХБ 20	604	935	ЛХБ 40	1214	3000
ЛБ 20	604	1180	ЛТБ 40	1214	3000
ЛТБ 20	604	975	ЛБ 40	1214	3120

ЛДЦ 30	909	1450	ЛДЦ 65	1515	3050
ЛД 30	909	1640	ЛДЦ 80	1515	3740
ЛХБ 30	909	1720	ЛД 65	1515	3570
ЛТБ 30	909	1720	ЛД 80	1515	4070
ЛБ 30	909	2100	ЛБ 80	1515	5220

Примечание: Буквенные обозначения указывают тип ламп: Л – люминисцентная; Д – дневного света; ХБ – холодного белого; ТБ – теплого белого; Ц – улучшенная цветопередачи.

Таблица 7

Лампы ДРЛ (в т.ч. уличного освещения)

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм
ДРЛ – 250	250	12 500
ДРЛ – 400	400	22 000
ДРЛ - 700	700	38 500
ДРЛ - 1000	1000	55 000

ДРЛ – дуговая ртутная с люминофором.

16. Рассчитывается уточненное число ламп выбранного типа:

$$n_{\phi} = \frac{E_{\phi} \cdot S \cdot K \cdot z}{F_{\text{факт}} \cdot \eta}, \text{ шт.} \quad (11)$$

Таблица 8

Лампы накаливания

Тип ламп	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм
Г 220-300	220	300	4600
Г 220-500	220	500	8300
Г 220-750	220	750	13100
Г 220-1000	220	1000	18600
Г 220-1500	220	1500	29000

Г – газонаполненная

17. Рассчитывается суммарная мощность осветительной установки P_{Σ} , Вт:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{л}} \cdot n_{\phi}, \text{ Вт} \quad (12)$$

где: $P_{\text{л}}$ – мощность выбранной лампы, Вт;

n_{ϕ} – фактическое число ламп осветительной установки, шт.

18. По результатам расчетов вычерчивается проектный план размещения ламп (светильников) на потолке.

2. Пример расчета

В помещении 20×15 м с высотой потолка 3 м требуется создать освещенность не менее $E_{\phi} \geq 150$ лк, коэффициент запаса $K_3 = 1,5$ отношение средней освещенности к максимальной $z = 1,1$. Показатели отражения стен – $\rho_c = 50\%$, потолка $\rho_n = 70\%$.

Решение:

1. Норма освещенности
 $E_n = 150$ лк
2. Коэффициент запаса
 $K_3 = 1,5$;
3. Отношение средней освещенности к максимальной $z = 1,1$
4. По табл. 3, т.к. $h = 3$, выбираем светильник ШМ.
5. По табл. 4 $\lambda_0 = 2,0$
6. Площадь помещения $S = 20 \cdot 15 = 300 \text{ м}^2$

7. Индекс помещения

$$i = \frac{300}{(20 + 15) \cdot 3} = 2,86$$

8. По табл. 5. $\eta=0,44$

9. Расстояние между соседними рядами газоразрядных ламп

$$L_r = 2 \cdot 3 = 6$$

10. Количество ламп по длине

$$n_{lp} = \frac{20 - \frac{2 \cdot 6}{3}}{1,75} = 9,14, \text{ принимаем } 10;$$

11. Количество рядов ламп по ширине

$$n_p = \frac{15 - \frac{2 \cdot 6}{3}}{6 + 1} = 1,57, \text{ принимаем } 2;$$

12. Общее количество ламп

$$n = 10 \cdot 2 = 20 \text{ лампы};$$

13. Расчетный световой поток

$$F_{расч} = \frac{150 \cdot 300 \cdot 1,5}{0,44 \cdot 20} = 7670 \text{ лм};$$

14. т.к. наибольший световой поток люминисцентных ламп ЛБ – 80 лишь 5220 лм, то увеличим число ламп до 30. Тогда $F_{расч}=5114$ лм;

15. Фактическая освещенность

$$E_{\phi} = 150 \frac{5220}{5114} = 153 \text{лк}$$

16. Фактическое число ламп

$$n_{\phi} = \frac{153 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{5220 \cdot 0,44} = 33 \text{ лампы}$$

17. Суммарная мощность осветительной установки

$$P_{\Sigma} = 80 \cdot 33 = 2640 \text{ Вт}$$

Размещение ламп на потолке, рис. 1.

Условием размещения ламп (светильников, осветительных установок) на потолке является их расстояние друг от друга и от стен на расстоянии не менее 1,2 м.

Варианты задания

№	Размер помещения, А+Б	Коэффициент отражения потолка, стен, пола	Характеристика зрительной работы. Разряд, подразряд. Контраст объекта с фоном. Характеристика фона	Тип светильника
1	20+15	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа высокой точности. Контраст объекта с фоном – малый. Фон – светлый.	ДРЛ - 250
2	30+20	$\rho_n=50\%$ $\rho_c=30\%$	Работа малой точности. Контраст объекта с фоном – малый. Фон – светлый.	У
3	40+20	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – темный.	У
4	20+20	$\rho_n=50\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – большой. Фон – светлый.	ДРЛ-700

5	30+15	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа высокой точности. Контраст объекта с фоном – большой. Фон – темный.	НЧБ-300
6	30+20	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа малой точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – темный.	ДРЛ-1000
7	25+25	$\rho_n=50\%$ $\rho_c=30\%$	Работа малой точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – темный.	ДРЛ-400
8	30+30	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа малой точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – темный.	ДРЛ-1000
9	20+15	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа малой точности. Контраст объекта с фоном – малый. Фон – светлый.	ПВЛ-1
10	20+20	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – светлый.	ПВЛ-1
11	40+30	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – темный.	ОДОР
12	30+20	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа высокой точности. Контраст объекта с фоном – большой. Фон – темный.	ОД
13	25+25	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – светлый.	ПВЛ-1
14	15+20	$\rho_n=70\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – светлый.	В4А-200
15	20+20	$\rho_n=60\%$ $\rho_c=50\%$	Работа средней точности. Контраст объекта с фоном – средний. Фон – светлый.	НЧБ-300

Примечания:

1. освещение общее люминисцентное;
2. h принять из табл. 3 по типу светильника.